بسم الله الرحمن الرحيم

بحث مقدم من مهندس محيى مكتب تولا لتصميم الاسلحة

الوقود الصاروخي

كما هو واضح من العنوان فإن الوقود الصاروخي عبارة عن وقود نستعمله في نظام دفع الصواريخ الذي يكون المسؤول عن دفع الصاروخ و حمولته النافعة إلى الهدف المطلوب . الوقود الصاروخي الدافع عبارة عن خليط من مواد ذاتية الطاقة أو حتى مواد خاملة لكن إذا اجتمعت مع بعضها وحُرضت من الخارج اشتعلت و كونت غازات كثيفة و درجة حرارة عالية . يعتبر الوقود الصاروخي الدافع مستقلا تماما عن مكونات الجو أي أنه لا يحتاج إلى أوكسجين الجو ليشتعل لأنه يتكون من كل ما يحتاجه الاشتعال الكامل .

ينقسم الوقود الدافع إلى ثلاثة أقسام : الوقود السائل ، الوقود الصلب و الوقود الهجين (خليط بينهما كأن نستعمل المؤكسد سائلا و الوقود صلبا) . مع أنه قد تم استعمال الوقود الصلب في الصواريخ الصغيرة و المتوسطة المدى بكثرة في المجال العسكري و المدني على السواء إلا أن أغلب الصواريخ الضخمة تستعمل الوقود السائل ، يكمن السبب في ذلك في عوامل تاريخية راجعة إلى العشرينات ، حيث كان الوقود السائل هو الطاغي بسبب أن الوقود الصلب و المعروف آنذاك وحتى

قبل ١٩٤٠ كان لا يتعدى الدفع النوعي (القوة) لديه ١٤٠ثا مقارنة بـ٣٥٠ثا للوقود السائل . هذا ما جعل ألمانيا تستعمل الوقود السائل في صاروخها العسكري الأول المشهور V2 . بعد تطور علم البلاستيكات و البلمرة و اكتشاف روابط binders ساعد ذلك في اكتشاف و تشكيل وقود صلب بدفع نوعي عال نوعا ما ٢٤٠-٢٧٠ثا و منافس للوقود السائل الذي من أهم سلبياته تكلفة التخزين و عدم الجهوزية الفورية للإطلاق ، مما فسح المجال لاستعمال الوقود الصلب على نطاق واسع في التطبيقات التكتيكية العسكرية و الصواريخ متوسطة المدى التي تحتاج إلى جهوزية فورية للإطلاق .

إلى جانب أهمية الخواص الباليستية للوقود الصاروخي ، ينبغي الانتباه إلى الأهمية القصوى لخواص الوقود الصاروخي الأخرى و من أهمها الخواص الفيزيائية الجيدة التي ينبغي أن تكون في الوقود الصاروخي المختار ، تتمثل في المقاومة الكبيرة للشد High tensile strength ، إمتداد كبير (استطالة ، مد) High elongation ، انكماش قليل (بعد التصلب) Low shrinkage ، لا يتغير حجمه بالإجهاد و بالتالي معامل معاير نوعا ما عال Modulus و أخيرا القدرة العالية للالتصاق ببطانة حاوية المحرك . تعتبر هذه الخواص ضرورية لتجنب تشوه أو تفتت الوقود عند حصول ضغط الحجرة الاحتراقية الناتج عن الإشعال الابتدائي أو من احتراق الوقود نفسه أثناء عمل المحرك و من القوى الناتجة عن طيران الصاروخ أو الفتل ، بالإضافة إلى ذلك يجب أن تكون هذه الخواص ثابتة ما بين ٥٠ (أو أقلها ٢٠) مئوية تحت الصفر إلى ٨٠م فوق الصفر و أن يحافظ على هذه الخواص كلها مع مرور الوقت . عندها يصبح الوقود صاروخي نافعا في التطبيقات العسكرية .

الوقود الصاروخي الصلب

قبل سنة ١٩٤٠، كان البارود الأسود هو الوقود الصلب الوحيد الممكن استعماله كوقود صاروخي إلى أن تم اكتشاف وقود صاروخي صلب مناسب إبان الحرب العالمية الثانية الذي يعتمد على النيتروسليلوز NC و النتروجليسرين NG ومنذ تلك الفترة و حتى هذه الأيام و الوقود الصاروخي الصلب في تطور مستمر خاصة بعد تطور علم البلاستيكات .

أنواع الوقود الصلب

ينقسم الوقود الصلب إلى ثلاثة أقسام :

١- الوقود الصلب المتجانس DB: يسمى كذلك بالوقود ثنائي القاعدة يتكون غالبا من النتروسليلوز و النتروجليسرين . انظر الملف الخاص بهذا الوقود .

٢- الوقود الصاروخي المركب Composite: يتكون من مادة غنية جدا بالأوكسجين و أخرى تسمى بالوقود يخلطان ليكونا مركبا غير متجانس على مستوى الجزيئات أي أنه خليط من الجزيئات المختلفة. انظر الملف الخاص بهذا الوقود .

٣- الوقود الصاروخي CMDB : هو عبارة عن خليط من الوقود الأول و الوقود الثاني . انظر الملف الخاص بهذا الوقود .

بعض أنواع الوقود الصاروخي:

Table I.—Characteristics of Some Operational Propellants (ref. 8)

Propellant type	I°_{sp} (1) Range, sec	Approximate flame temperature, °F	Approximate density, lb/in.³	Metal content, wt-%	Ingredients cost, cents/lb	Processing method
DB	220–230	4100	0.058	0	250	Extruded
DB/AP/Al	260–265	6500	0.065	20–21	120	Solvent cast
DB/AP-HMX/Al	265–270	6700	0.065	20	140	Solvent cast
PVC/AP	230–240	4600	0.061	0	30	Cast or extruded
PVC/AP/Al	260–265	5600	0.064	21	30	Cast or extruded
PS/AP	230–240	4700	0.062	0	75	Cast
PS/AP/Al	240–250	5000	0.062	3	75	Cast
PU/AP/Al	260–265	5400–6000	0.064	16–20	40	Cast
PBAN/AP/Al	260–263	5800	0.064	16	35	Cast
CTPB/AP/Al	260–265	5600–5800	0.064	15–17	55	Cast
HTPB/AP/Al	260–265	5600–5800	0.064	4–17	30–100	Cast
FC/AP/Al	240–245	6200	0.074	19.5	180	Extruded and machined
DB/AP/Be	275–280	6500	0.064	12	800	Solvent cast
CTPB/AP/Be	275–280	5800	0.060	12	770	Cast
PU/AP/Be	275–280	5800	0.060	12	770	Cast

(1) I°_{sp} is the theoretical specific impulse at 1000 psia exhausting to 14.7 psia through a 0° half-angle nozzle.

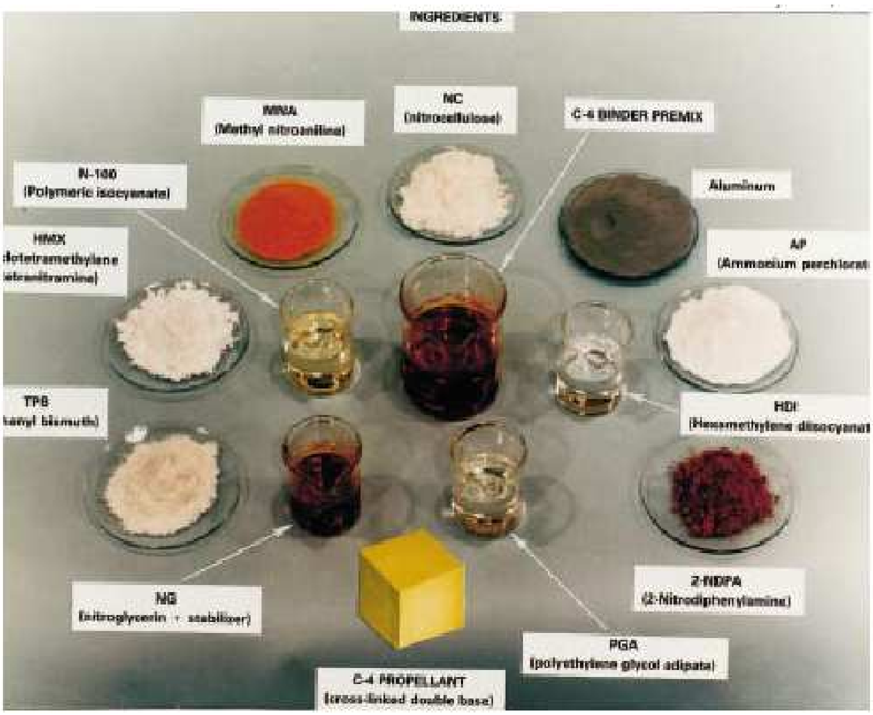


Figure 4-2: Composite-modified double-base propellant and samples of its constituent chemicals.



Figure 4-4: Top view of PBAN in a shipping drum.